جغرافیا و مخاطرات محیطی، شمارهٔ ششم، تابستان ۱۳۹۲

صص ۳۶-۱۷

بررسی ترکیبات بار گردوغبار در غرب و جنوب‌غرب ایران

فرامرز خوش‌اخلاق- استادیار اقلیم‌شناسی دانشگاه تهران، تهران، ایران
محمدسعید نجفی[1]- دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
سیدمحمد زمانزاده- استادیار زمین‌شناسی دانشگاه تهران، تهران، ایران
محمدحسن شیرازی- دانشیار میکروب‌شناسی دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
مهدی صمدی- کارشناس ارشد سنجش از دور دانشگاه تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۲/۱۷ تاریخ تصویب: ۱۳۹۲/۵/۲۰

چکیده

هدف از این مطالعه، بررسی ترکیبات بار گردوغبار (شامل کانی شناسی، ژئوشیمی، عناصر سنگین و میکروارگانیسم‌ها) در غرب و جنوب‌غرب ایران و اثرات بررسی اثرات آن بر سلامت انسان است. به این منظور در طی پنج دوره رخداد گردوغبار در این منطقه، اقدام به نمونه برداری از ذرات گردوغبار شد و جهت تعیین مناطق منشأ و گستردگی رخداد گردوغبار در دوره‌های نمونه برداری شده، از تصاویر شاخص آئروسل سنجنده OMI و مدل HYSPLIT استفاده شده است. جهت تعیین بار گردوغبار از آنالیزهای XRD، XRF، جذب اتمی و بررسی‌های آزمایشگاهی برای تعیین میکروارگانیزم‌ها استفاده شد. نتایج نشان می دهد کانی‌های اصلی گردوغبار ورودی به غرب ایران شامل کربنات‌ها (کلسیت) و سیلیکات‌ها (کوارتز) است و فاز فرعی کانی‌ها نیز شامل ژیپس می باشد. هرگاه منشأ ذرات شمال شرق عربستان یا نواحی داخلی عراق در حوزه رسوبات تبخیری رودخانه‌های دجله و فرات باشد، نمونه‌های حاوی کانی ژیپس خواهند بود. همچنین اکسیدسیلیس (SiO_2) و اکسید کلسیم(CaO)، ترکیبات شیمیایی غالب ذرات گردوغبار را شامل می‌شوند و درصد هریک از عناصر وابسته به منشأ گردوغبار متفاوت خواهد بود. میزان غلظت عناصر سنگین در تمام نمونه‌ها از حدمجاز تعیین شده برای سلامت انسان بیشتر بوده و میزان آن وابسته به مسیر انتقال ذرات و منشأ آن است و بیشینه آن در مناطقی است که ذرات بیشترین تماس را با آلاینده‌های صنعتی و شهری داشته اند و طولانی‌ترین مسیر را تا غرب و جنوب‌غرب ایران طی نموده اند. همچنین بیشترین میکروارگانیزم‌-های جدا شده شامل انواع باسیلوس برای باکتری‌ها و آسپرژیلوس برای قارچ‌ها است. گونه‌های شناخته شده میکروارگانیزم‌های فرصت طلب بیماری زا برای انسان و حیوان می باشند. بنابراین گردوغبار مهم‌ترین مخاطره برای سلامت ساکنان نواحی غربی و جنوب غربی ایران محسوب می شود.

کلید واژه‌ها: گردوغبار، کانی شناسی، ترکیبات شیمیایی، میکروارگانیسم‌ها، غرب و جنوب‌غرب ایران.

[1] نویسندهٔ مسئول: ۰۹۱۲۲۱۶۳۲۸۲ Email: M.S.Najafi@ut.ac.ir

۱. مقدمه

ارتباط تنگاتنگ بین اقلیم و سلامت انسان و فعالیت‌های او، بررسی و دیده بانی رخدادهای جوّی را ضروری می‌کند (عزیزی و همکاران، ۱۳۹۱: ۱۲۳). یکی از مهم‌ترین رخدادهای جوّی شایع در مناطق خشک و نیمه خشک جهان که زندگی انسان را نیز بشدت تحت تأثیر قرار می دهد، گردوغبار است. گردوغبار یکی از شایع‌ترین بلایای طبیعی در آسیای مرکزی و شرقی، خاورمیانه، نواحی مرکزی ایالات متحده، نواحی حاشیه بیابان بزرگ صحرا در آفریقا و نیز اقیانوسیه محسوب می شود. سالانه بین ۰/۵ تا ۵ میلیارد تن ذرات معلق توسط توفان‌های گردوغباری به نقاط دیگرجهان منتقل می‌شود. بیش از ۷۰ درصد از توفان‌های گردوغباری به توفان‌هایی که از بیابان‌های آفریقا منشاء می گیرد، نسبت داده می شود (پروسپرو و لمب[1]، ۲۰۰۳: ۱۰۲۵). بر اساس گزارش‌های سازمان بهداشت جهانی سالانه ۵۰۰۰۰۰ نفر در اثر ذرات آلاینده معلق دچار مرگ زودرس می‌گردند (کولز، ۲۰۰۳: ۲۲). میکروارگانیزم‌ها و عناصر آلاینده موجود در توفان های گردوغبار سبب بروز و تشدید مشکلاتی مانند آسم، برونشیت، بیماری‌های تنفسی، مشکلات قلبی– عروقی و بروز حساسیت‌های چشمی می‌گردند (الهربان و الاستاد[2]، ۲۰۰۹: ۱۷۷؛ نیلسون[3]، ۲۰۰۵: ١٤٤٤؛ کلوگ و گریفین[4]، ۲۰۰٦: ٦٤١). بنابراین گردوغبار یکی از مهم‌ترین رخدادهای محیطی است که می تواند زندگی مناطق درگیر با آن را بشدت تحت تأثیر قرار داده و مختل نماید. بطور نمونه نجفی و همکاران (۱۳۹۲) با استفاده از روش تحلیل رگرسیونی به بررسی تأثیر گردوغبار بر میزان بستری شدگان و مرگ و میر بیماران تنفسی و قلبی و عروقی در شهر کرمانشاه در طول دوره آماری ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۸ شمسی پرداختند و نتایج نشان می دهد که بطور سالانه و ماهانه افزایش روند رخداد گردوغبار در این شهر، اثرات منفی بر میزان بستری شدگان و مرگ و میر حاصل از بیماران تنفسی در این شهر داشته است. گرچه بین ضرایب ماهانه و سالانه رخداد گردوغبار و تعداد بستری شدگان بیماران قلبی و عروقی ارتباط معناداری یافت نشد. نتایج تحلیل رگرسیونی نیز نشان داد که گردوغبار دارای تأثیر ۲۸,۷ درصدی بر بستری شدگان و مرگ و میر حاصل از بیماری های تنفسی در طول دوره آماری داشته است.

دلیل اینکه گردوغبار به عنوان یک مخاطره برای سلامت انسان محسوب می شود، ناشی از ترکیبات شیمیایی، عناصر سمی، قطر ذرات یا میکروارگانیسم‌هایی است که این ذرات با خود حمل کرده و باعث بروز مشکلات بسیاری برای مناطق درگیر با آن می شود. بطور نمونه غلظت متوسط کادمیوم در گردوغبارهای خاورمیانه بیش از ٢٤ PPM بوده است (العباس و همکاران، ۲۰۱۰)، در حالی که حد مجاز این عنصر ۰/۰۵ میکروگرم در متر مکعب

---

1 Prospero and Lamb
2 AlHurban and AlOstad
3 Nilsson
4 Kellogg and Griffin

است (WHO[1], 2004)؛ یا به ازای افزایش هر ۱۰ میکروگرم در متر مکعب در غلظت ذرات معلق کوچک‌تر از ۱۰ میکرون (PM_{10}) در زمان پدیده گرد و غبار، میزان مرگ و میر نیز ۱ درصد افزایش می‌یابد (لارا[2] و همکاران، ۲۰۰۸: ۸۰۵).

در ارتباط با شناسایی ترکیبات گردوغبار، مطالعات بسیاری در نقاط مختلف دنیا بویژه آسیای مرکزی، خاورمیانه و آفریقا صورت گرفته است. اما در زمینه بررسی ترکیبات بار گردوغبار در غرب ایران مطالعات محدودی صورت گرفته و عمده مطالعات در زمینه این پدیده محدود به بررسی‌های آماری و همدید گردوغبار بوده است (خوش اخلاق و همکاران، ۱۳۹۱؛ شمسی پور و صفرراد، ۱۳۹۱؛ نجفی و همکاران، ۲۰۱۲، مفیدی و جعفری، ۱۳۹۰). در زمینه ترکیبات بار گردوغبار در غرب و جنوب غرب ایران می‌توان به مطالعه (زراسوندی و همکاران، ۲۰۱۱) اشاره کرد. در این پژوهش با نمونه برداری در سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹، به بررسی کانی شناسی و ژئوشیمی و شکل کانی‌های موجود در گردوغبار در استان خوزستان با استفاده از نتایج تحلیل‌های XRD[3]، XRF[4] و ریخت شناسی (SEM[5]) پرداخته شد. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که گردوغبار استان خوزستان در سه گروه کانیایی کربناته، سیلیکاته و رس دسته بندی می شوند. همچنین اندازه کلی ذرات گردوغبار بین ۲ تا ۵۰ میکرومتر تعیین گردید که اندازه‌های بین ۱۰ تا ۲۲ میکرومتر در نمونه‌های گردوغبار خوزستان ترکیب غالب اند. تحلیل‌هایXRF نیز نشان داد که اکسید سیلیس (SiO_2) و اکسید آلومینیوم (Al_2O_3) عنصر قالب کانی‌های گردوغبار در استان خوزستان محسوب می‌شود. در مطالعه‌ای دیگر (حجتی و همکاران، ۲۰۱۱) به کانی شناسی و ژئوشیمی گردوغبارها در حد فاصل بین کوه‌های زاگرس و ایران مرکزی پرداختند و موارد مطالعاتی آن‌ها دو گردوغبار شدید در سپتامبر ۲۰۰۸ و ژوئیه ۲۰۰۹ بوده است. نتایج این مطالعه نشان می دهد که میزان ترکیبات گردوغبار، متوسط قطر ذرات و غلظت یون‌های محلول با افزایش ارتفاع کاهش پیدا می کند، که این میزان در نمونه ژوئیه ۲۰۰۹ نسبت به نمونه سپتامبر ۲۰۰۸ دارای اختلافاتی است. در نمونه ۲۰۰۸ مشابهت زیادی بین خاک‌های محلی و نمونه های برداشت شده از گردوغبار وجود دارد که نشان از منشأ محلی ذرات گردوغبار است. همچنین در ارتفاعات زاگرس میزان کمی از ترکیبات خاک‌های مناطق خشک ایران مرکزی دیده شده است که این نشان می دهد ارتفاعات میزان کمی از ذرات گردوغبار دریافت کرده اند. اما در نمونه ژوئیه ۲۰۰۹ تفاوت قابل توجهی بین خاک‌های منطقه و گردوغبارها وجود دارد که این اختلاف در ارتفاعات بیشتر نیز می شود. همچنین میزان دریافت گردوغبار در ارتفاعات بسیار بیشتر از نمونه قبلی

1 World Health Organization
2 Laura
3 Xray Diffractometer
4 Xray Fluorescence spectroscopy
5 Scanning Electron Microscope

است. بنابراین رخداد گردوغبار در نمونه ۲۰۰۹ فرامحلی بوده و منشأ آن، فراسوی مرزها و احتمالاً کشور عراق بوده است.

در مطالعات سایر نقاط دنیا می توان به پژوهش‌های شائو[1] و همکاران (۲۰۰۷، ۲۰۰۸) و شن[۲] و همکاران (۲۰۰۹) اشاره کرد. در خاورمیانه نیز العباس[۳] و همکاران (۲۰۱۰) به بررسی ترکیبات گردوغبار (اعم از کانی‌شناسی، گرده‌ها، عناصر سنگین و میکروارگانیسم‌ها) در کشور عراق پرداختند. نتایج نشان می دهد که کانی کوارتز، کانی غالب گردوغبارها در این کشور است. همچنین گونه غالب باکتری‌های شناخته شده باسیلوس و گونه غالب قارچ‌های آن آسپرژیلوس تعیین گردید.

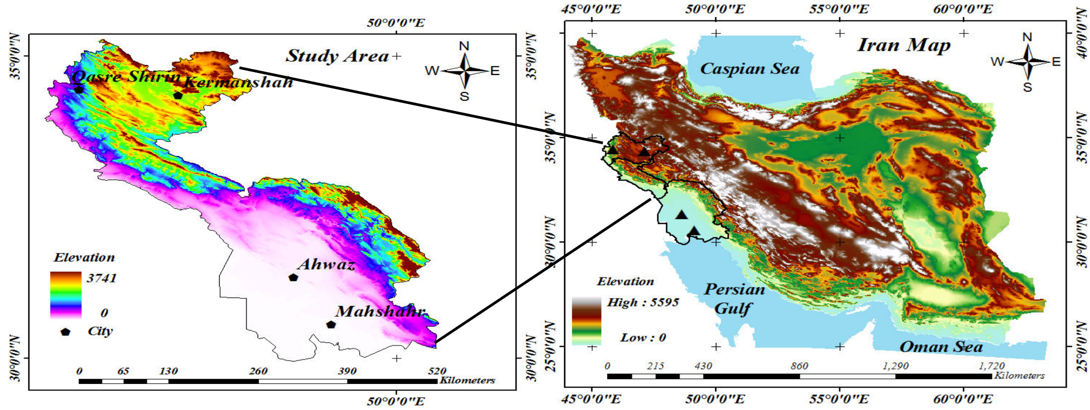
از آنجا که تاکنون مطالعات انجام شده در زمینه ترکیبات گردوغبار در غرب ایران محدود بوده و عمده مطالعات نیز مربوط به سال‌های آغازین تشدید رخداد گردوغبار در غرب ایران، یعنی سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ می باشد، همچنین این مطالعات محدود به شناسایی و معرفی کانی‌ها و ترکیبات شیمیایی آنهاست؛ بنابراین در این مطالعه هدف، ماهیت‌شناسی بار گردوغبار (اعم از کانی‌شناسی، ژئوشیمی، عناصر سنگین و میکروارگانیسم‌ها) در غرب و جنوب‌غربی ایران در دوره ۲۰۱۱ و ۲۰۱۲ می باشد. در این مطالعه پدیده گردوغبار به عنوان یک مخاطره محیطی برای انسان در نظر گرفته شده و تحلیل‌ها نیز علاوه بر شناسایی هریک از فازهای کانیایی، شیمیایی، عناصر سنگین و میکروارگانیسم‌ها، تحلیل اثر آن بر سلامت ساکنان نواحی غربی ایران می باشد.

۲. منطقه مورد مطالعه

منطقه خاورمیانه به عنوان یکی از مناطقی که بطور پیوسته در معرض رخداد گردوغبار قرار دارد، شناخته می شود. رخداد گردوغبار در غرب و جنوب غرب ایران بطور متوسط (از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۰) سالانه بیش از ۲۰ روز می باشد (خوش‌اخلاق، ۱۳۹۱، ۱۰٤). در این مطالعه بمنظور بررسی ترکیبات بارگردوغبار در غرب و جنوب غرب ایران، از ذرات گردوغبار در استان های کرمانشاه و خوزستان، نمونه برداری شد. از نظر موقعیت ریاضی استان کرمانشاه در محدوده عرض جغرافیایی ′۳۳°۳٦ تا ′۳۵°۱۵ شمالی و طول جغرافیایی ′٤۵°۲٤ تا ′٤۸°۳۰ شرقی گسترش یافته است و نمونه برداری در دو شهر کرمانشاه و قصر شیرین انجام شد. استان خوزستان نیز در محدوده عرض جغرافیایی ′۲۹°۵۸ تا ′۳۲°۵۸ شمالی و طول جغرافیایی ′٤۷°٤۲ تا ′۵۰°۳۹ شرقی قرار دارد. در این استان نمونه برداری از ذرات گردوغبار در دو شهر اهواز و ماهشهر انجام شد (شکل ۱).

---

1 shao
2 Shen
3 AlDabbas



شکل ۱ **منطقه مورد مطالعه**

۳. مواد و روش‌ها

از آنجا که هدف از این مطالعه بررسی ترکیبات بار گردوغبار در غرب ایران می باشد، به این منظور ابتدا با بهره گیری از روش کتابخانه‌ای، روش‌های مختلف نیل به این هدف، شناسایی و مورد بررسی قرار گرفته شد. بطوری‌که اولین گام برای شناسایی ترکیبات مختلف، استفاده از روش میدانی و نمونه برداری از ذرات گردوغبار در منطقه مورد مطالعه می‌باشد (شاهسونی و همکاران، ۲۰۱۱؛ لئون و لگراند[1]، ۲۰۰۳). گام دوم برای چنین مطالعاتی استفاده از روش‌های مختلف آزمایشگاهی برای شناسایی فازهای مختلف کانی‌ها، ترکیبات شیمیایی، عناصر سنگین و میکروارگانیزم‌ها (حجتی و همکاران، ۲۰۱۱؛ شن و همکاران، ۲۰۰۹؛ گریفین، ۲۰۰۷) می باشد. همچنین در این مطالعه با استفاده از مدل سازی‌های کامپیوتری و تصاویر شاخص آئروسل، شدت و منشأهای گردوغبار در هریک از دوره‌های نمونه برداری، ارزیابی و تجزیه و تحلیل شده است.

۳,۱. نمونه برداری

در این پژوهش برای نمونه برداری در شهرهای کرمانشاه و اهواز طی ۵ دوره رخداد گردوغبار در سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ شمسی (جدول ۱)، از دستگاه های نمونه بردار هوا با حجم بالا (HighVolume Air Sampler) استفاده شد. این گونه نمونه بردار با مکش هوا با قدرت ۲۰ تا ٦۰ مترمکعب در دقیقه قادر به جمع آوری ذرات گردوغبار PM_{10}، $PM_{2.5}$ و TSP[2] است. در این مطالعه برای جمع آوری ذرات معلق کل (TSP)، پس از کالیبراسیون دستگاه‌های مذکور، از فیلترهای سلولزی و فایبرگلاس استفاده شد. همچنین با توجه به عدم امکان دسترسی به دستگاه‌های نمونه بردار هوا با حجم بالا در شهرهای قصرشیرین و ماهشهر، برای نمونه برداری در این شهرها از دستگاه‌های نمونه بردار هوا با حجم پایین (Low Volume Air Sampler) استفاده شد. در هر یک نمونه برداری-

1 Leon and Legrand
2 Total Suspended Particles

ها، زمان تداوم دستگاه‌های نمونه بردار برای جمع آوری ذرات معلق کل (TSP) ۲٤ ساعت در نظر گرفته شد. در نهایت نمونه‌های جمع آوری شده با توجه به دستورالعمل استاندارد آن (شن و همکاران، ۲۰۰۹: ۲۹۱٤) از روی فیلترها به درون ظرف‌های پلاستیکی در بسته انتقال یافته و پس از کُدگذاری جهت جلوگیری از آلودگی‌های ثانویه تا زمان انجام بررسی‌های آزمایشگاهی در دمای ٤ درجه نگهداری شد.

جدول ۱ مشخصات و تاریخ نمونه برداری ذرات گردوغبار

محل‌های نمونه برداری	متوسط غلظت ذرات معلق $(\mu g\ m^{-3})$	تاریخ نمونه برداری	نمونه
کرمانشاه، اهواز، قصرشیرین	۱۹۵۳	۲۰۱۱/۰٤/٤	DS1
کرمانشاه، اهواز، ماهشهر	۳۹۰۰	۲۰۱۱/۰٤/۱۳	DS2
کرمانشاه، اهواز، ماهشهر، قصرشیرین	٤۵۰۰	۲۰۱۱/۰٦/۰۳	DS3
کرمانشاه، قصرشیرین	۳۱۵	۲۰۱۲/۰٤/۲۰-۱۹	DS4
کرمانشاه، اهواز، قصرشیرین	۱۰۰۳	۲۰۱۲/۰۵/۲٤	DS5

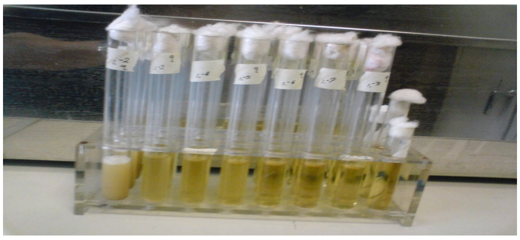
۳،۲. روش‌های استفاده شده برای بررسی کانی‌شناسی، ژئوشیمی، عناصرسنگین و میکروارگانیزم‌ها

کانی شناسی نمونه‌های گردوغبار بوسیله آنالیز XRD[1] انجام شد. فناوری XRD یکی از بهترین روش‌ها برای شناسایی کانی‌های اصلی ذرات گردوغبار است (شائو و همکاران، ۲۰۰۷: ۹۵۵). واکاوی‌های کانی شناختی، ژئوشیمی و عناصر سنگین نمونه‌ها، در آزمایشگاه‌های زمین شناسی دانشگاه‌های تربیت مدرس و دانشگاه تهران انجام گرفت. مشخصات دستگاه XRD عبارت است از: (مدل، X´Pert MPD- Philips با تیوب مسی (Cu)، λ=1.78897 A° and 0.02°/s). برای شناسایی ترکیبات شیمیایی کانی‌های تشکیل دهنده گردوغبار نیز از آنالیز XRF[2] استفاده شده است (دستگاه: PW2404-Philips). در بررسی عناصر سنگین برای تعیین غلظت میزان عناصری چون سرب (Pb)، نیکل(Ni)، مس (Cu)، کبالت (Co)، کادمیوم (Cd)، روی (Zn)، آهن (Fe) و کروم (Cr)، پس از آماده سازی اولیه هریک از نمونه‌ها، از روش جذب اتمی[3](دستگاه: Spec AA 220) استفاده شد.

در مطالعه میکروارگانیزم‌ها از محیط‌های کشت BHI Agar، Blood Agar و Mac Conkey Agar برای کشت باکتری‌ها و از محیط Sabouraud's Dextrose Agar برای قارچ‌ها استفاده شده است. برای کشت میکروارگانیزم‌ها از دو روش پلیت باز و تعیین رقت استفاده گردید. در روش پلیت باز، محیط‌های غنی رشد باکتری و قارچ (که در بالا ذکر شد) در شرایط هوای غبارآلود به مدت ۱۸ ساعت قرار داده شد. سپس درب پلیت‌ها را بسته و در دما ٤ درجه نگهداری کرده و به آزمایشگاه انتقال داده شد. سپس پلیت‌ها در دمای ۳۷ درجه (برای رشد باکتری‌ها به مدت ۲٤ تا ۳٦ ساعت) و دمای محیط

1 Xray Diffraction
2 Xray fluorescence spectroscopy
3 Atomic Absorption Spectrophotometer

(۲٤– ۲۵درجه سانتیگراد) برای رشد قارچ‌ها به مدت ٤۸–۷۲ ساعت، نگهداری شد. این روش برای رشد قارچ‌ها مناسب بود. اما بدلیل اینکه تعداد باکتری‌ها به گونه ای بود که شمارش و شناسایی آنها به سختی مقدور بود، در نتیجه از روش تعیین رقت استفاده شد. برای تهیه رقت 10^{-1}، ۱ گرم از گردوغبار جمع آوری شده را در ۹ میلیگرم آب مقطر، در لوله آزمایش حل کرده و اولین رقت تهیه شد. برای تهیه رقت 10^{-2}، ۱ میلیگرم از رقت 10^{-1}را در ۹ میلیگرم آب مقر در لوله آزمایش حل کرده و بدین ترتیب رقت 10^{-2} نیز تهیه گردید و این کار تا رقت 10^{-10} ادامه یافت و برای کشت باکتری‌ها از رقت‌های 10^{-8} تا 10^{-10} استفاده شد (شکل ۲). در نهایت پلیت‌ها در دمای ۳۷ درجه در محیط انکوباتور به مدت ۲٤تا ۳٦ ساعت نگهداری شدند و پس از آن جهت شناسایی باکتری‌ها از روش رنگ آمیزی و تست‌های بیوشیمیایی استفاده شد.



شکل ۲ نمونه‌های تعیین رقت

۳,۳. روش تعیین منابع گردوغبار

جهت تعیین منابع اصلی رخدادهای گردوغبار در دوره های نمونه برداری شده، از مدل لاگرانژی HYSPLIT و تصاویر شاخص جذب آئروسل سنجنده OMI[1] استفاده شده است. در این مطالعه از نسخه ٥ این مدل استفاده شد و ذرات بصورت پسگرد[2] در ترازهای مختلف جوی، از زمان اوج رخداد گردوغبار در غرب ایران تا ۲٤ ساعت قبل و در حدفاصل زمانی ٦ ساعته در ایستگاه‌های کرمانشاه، اهواز، قصرشیرین و ماهشهر ردیابی شدند. دلیل ردیابی ذرات تا ۲٤ ساعت قبل از اوج شدت گردوغبار در غرب ایران این است که منشأ ذرات گردوغبار در غرب ایران خارجی بوده و عمدتاً با یک تأخیر زمانی چند ساعته تا یک روزه این ذرات با توجه به جریان هوا به غرب ایران می رسند؛ بنابراین تا ۲٤ ساعت قبل از اوج رخداد گردوغبار در غرب ایران، ذرات گردوغبار ردیابی شدند. برای اجرای مدل از مجموع داده هایFNL استفاده شده است. این داده‌ها در واقع داده‌های NCEP هستند که توسط آزمایشگاه منابع هوا وابسته به NOAA مورد بازکاوی قرار گرفته‌اند. داده‌های واکاوی شده عملیاتی مقیاس جهانی نهایی (NCEP) یا بطور مختصر FNL، از سامانه یکپارچه سازی داده‌های جهانی (GDAS) برای تهیه داده‌های اولیه ورودی به سامانه استفاده می نماید. داده‌های استفاده شده برای مدل با فُرمت GDAS و با قدرت تفکیک۰٫۵×۰٫۵ می باشد (مفیدی و جعفری،۱۳۹۱: ۲٤).

1Ozone Monitoring Instrument Aerosol Index
2 Backward

شاخص آئروسل سنجنده OMI میزان امواج فرابنفش (UV) جذب شده توسط ذرات آئروسل جو مانند گردوغبار را اندازه گیری می‌کند. این شاخص بر اساس یک الگوریتم، میزان ازُن را بر اساس میزان رادیانس حاصل از پخش تابش‌های خورشیدی در طیف فرابنفش نزدیک، بازیابی می کند. این شاخص در مناطق بیابانی دارای عملکرد بهتری نسبت به شاخص عمق اپتیکی سنجنده مادیس است. با استفاده از این شاخص می‌توان شدت و میزان فراگیری توفان‌های گردوغباری را در تعیین کرد (وانگ و همکاران، ۲۰۱۱: ٦۳۷۰).

٤. بحث و نتایج

٤,۱. دیده بانی رخداد گردوغبار در دوره‌های مورد مطالعه

در رخداد گردوغبار ٤ آوریل ۲۰۱۱، نتایج ردیابی پسگرد مسیر ذرات (شکل A–1) در ارتباط با پدیده گردوغبار در روز شکل‌گیری اولین هسته گردوغبار نشان می‌دهد که مسیر جریان‌های رسیده به ایستگاه‌های نمونه برداری شده عبارتند از: نواحی داخلی، شرقی (در منطقه مرزی ایران) و جنوبی کشور عراق. همچنین ارتفاع ذرات رسیده به غرب ایران در ارتفاع بالاتری نسبت به منطقه منشأ قرار داشته اند، با این حال خروجی‌های مدل نشان می دهد که ذرات گردوغبار در لایه‌ای نزدیک به سطح زمین و در پایین‌ترین لایه‌های جو، به ایستگاه‌های مورد مطالعه انتقال پیدا کرده اند، که این نشان-دهنده تأثیر محدود جریانات جوی در فرازش ذرات به ترازهای مختلف جو با منشأهای متفاوت و یا مسافت کوتاه طی شده این ذرات بوسیله جریانات جوّی می باشد. تصاویر شاخص آئروسل (شکل A –2) نیز بیشترین تمرکز و گستردگی گردوغبار را در روز ۳ و ٤ آوریل، نواحی داخلی و غربی کشور عراق با بیش از ٤,٥ واحد نشان می‌دهد. گسترده این رخداد نیز در این دوره از شرق سوریه تا نواحی داخلی و جنوبی عراق را در بر می‌گیرد.

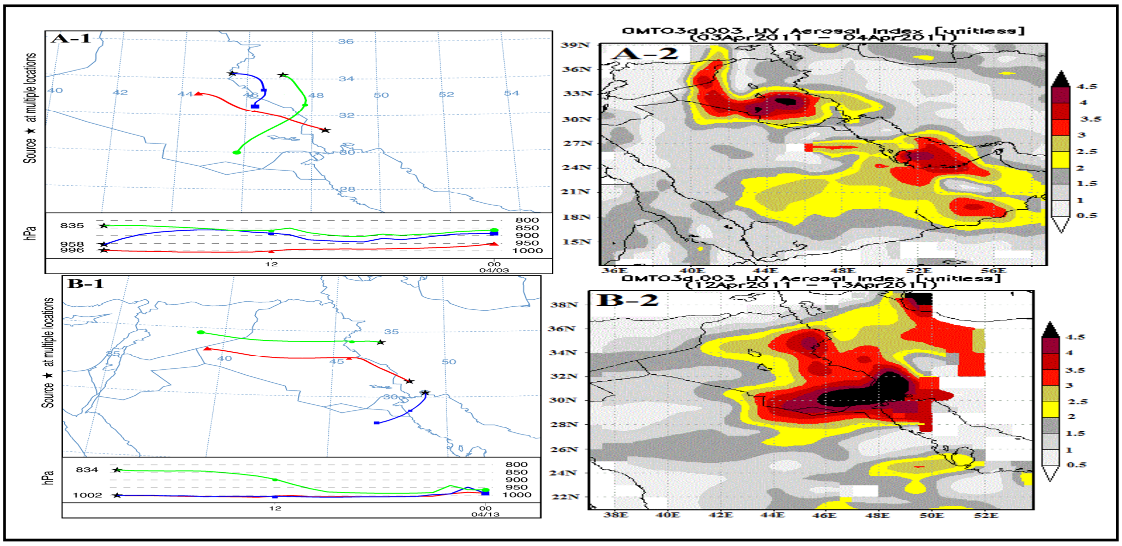
در رخداد ۱۳ آوریل ۲۰۱۱، ردیابی پسگرد مسیر ذرات نشان می دهد که (شکل1– B) ذرات با یک مسیر غرب به شرق، به ایستگاه کرمانشاه و منشأ این ذرات نیز شرق بیابان های شرقی کشور سوریه می باشد. در ایستگاه اهواز نیز مانند کرمانشاه ذرات تا مرز ایران دارای مسیری غرب به شرق بوده که در منطقه مرزی ذرات احتمالاً تحت تأثیر جریانات جوی حاکم بر منطقه، در یک مسیر شمال غرب به جنوب شرق به ایستگاه اهواز منتقل شده‌اند. در ایستگاه ماهشهر نیز با توجه به قرارگرفتن آن در عرض‌های پایین‌تر، مسیر منتقله ذرات شمال شرق عربستان سعودی می باشد. این ذرات دارای مسیری جنوب غرب– شمال شرق می باشند. ارتفاع ذرات در کلیه ایستگاه‌ها نیز با توجه به اینکه مسیر ذرات منتقل شده یک مسیر طولانی بوده، در ترازهای میانی جو به ایستگاه‌های نمونه برداری شده منتقل شده‌است. تصویر شاخص آئروسل نیز نشان می‌دهد که بیشترین تراکم ذرات آئروسل در روز ۱۲ و ۱۳ آوریل در نواحی جنوبی عراق و استان خوزستان می باشد و دلیل آن عمدتاً ترکیب گردوغبار ایجاد شده با منشأهای متفاوت، تحت تأثیر دو جریانات جوی در منطقه است (شکل 2– B).

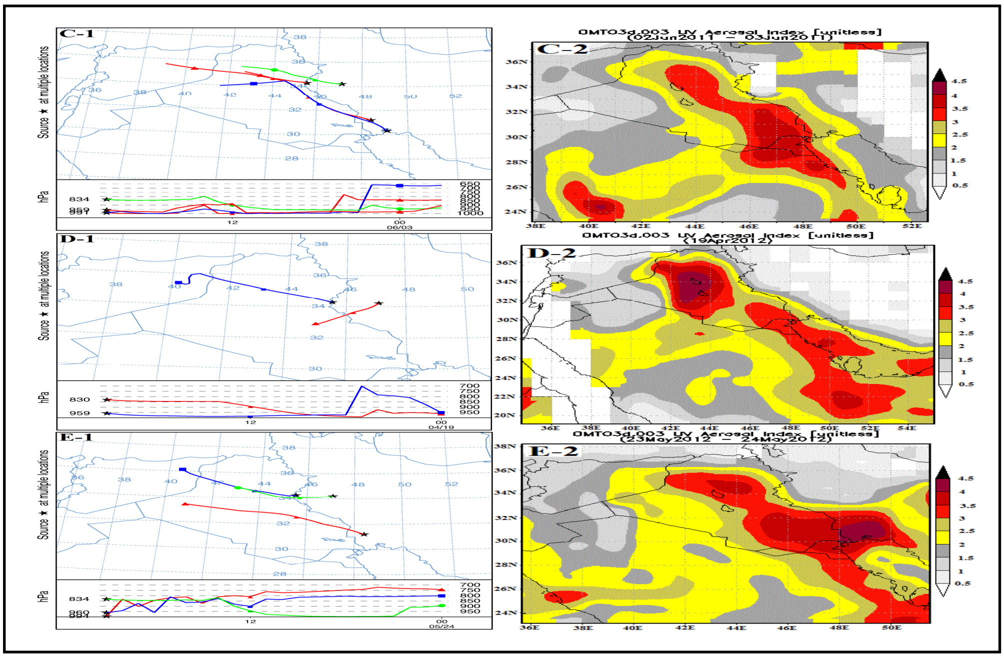
در رخداد ۳ ژوئن ۲۰۱۱، ردیابی پسگرد مسیر ذرات دو منشأ متفاوت را برای رخداد گردوغبار در این دوره نشان می-دهد. با این حال مسیر ذرات منتقل شده یکسان بوده که احتمالاً تحت تأثیر یک منطقه چرخندزایی در سطح زمین می‌باشد

(شکل C –1). منشأ نمونه‌های برداشت شده در ایستگاه قصر شیرین نواحی داخلی و شرقی سوریه بوده و منشأ ذرات گردوغبار در ایستگاه‌های اهواز، ماهشهر و کرمانشاه، نواحی مرکزی کشور عراق می‌باشد. در این دوره بیشترین تمرکز گردوغبار با بیش از ۳/۵ واحد، در نواحی جنوب‌شرقی عراق، کویت و نواحی مرزی ایران در ناحیه جنوب‌غربی دیده می-شود (شکل C –2). گستره رخداد در این دوره گسترده بوده و از شمال تا جنوب عراق، کویت، شمال شرقی عربستان و غرب و جنوب غرب ایران را در برگرفته است.

در رخداد ۳۱ فروردین ۱۳۹۱ که شدت گسترش آن عمدتاً به نواحی غربی ایران شامل استان‌های کرمانشاه، ایلام محدود شده است، گردوغبار از نواحی شرقی سوریه و غرب عراق منشأ گرفته است (شکل D –1). تصویر ردیابی پسگرد مسیر ذرات نشان می‌دهد که ذرات با جهتی شرق سو در ارتفاع نزدیک به سطح زمین (به جز در منطقه مرز عراق و سوریه که بیشینه ناپایداری در این منطقه می باشد و ارتفاع ذرات تا ارتفاع بیش از ۲۵۰۰ متر رسیده است)، به ایستگاه قصر شیرین منتقل شده است. همچنین منشأ ذرات در ایستگاه کرمانشاه، شرق عراق است که ذرات با جریانی جنوب غربی- شمال‌شرقی به این منطقه منتقل شده‌اند. شاخص جذب آئروسل نشان می‌دهد که بیشترین تمرکز گردوغبار با بیش از ۳/۵ واحد، در نواحی مرکزی تا شمالی عراق دیده می شود که گردوغبار ایجاد شده توسط جریان باد به نواحی غربی ایران انتقال یافته است (شکل D–2). میزان ماندگاری گردوغبار در این دوره ۱ روز و استان کرمانشاه، درگیرترین منطقه با این رخداد بوده است.

منشأ گردوغبار در ۲۴ مه ۲۰۱۲، نواحی بیابانی شرق سوریه و غرب عراق می باشد که گردوغبار عمدتاً با جریانی شمال غرب- جنوب شرق از مناطق مذکور به غرب و جنوب غرب ایران انتقال پیدا کرده است (شکل E –1). بیشینه تمرکز گردوغبار در استان خوزستان بیش از ٤ واحد است که نشان می‌دهد این استان درگیرترین منطقه در این دوره می باشد، همچنین در مرکز و شرق عراق نیز این شاخص بالا بوده و نشان غلظت بالای ذرات در این دوره در منطقه است که با توجه به منشأ ذرات و مسیر انتقال آن‌ها، بیشترین تمرکز در نواحی داخلی و جنوبی عراق و جنوب غرب ایران مشاهده می‌شود (شکل ۳- E).





شکل ٣ خروجی مدل HYSPLIT (A) و شاخص آئروسل (B) در هر یک از تاریخ‌های نمونه برداری به ترتیب از DS1 به DS5. علامت ستاره موقعیت ایستگاه‌های نمونه برداری را نشان می‌دهد. در پایین هر شکل ردیابی پسگرد ذرات تا ٢٤ ساعت قبل از رخداد گردوغبار در نیمرخ قائم جو بر اساس مختصات دمای پتانسیل (ایزونتروپیک) برای هر ایستگاه به صورت مجزا و با رنگ‌های متفاوت نشان داده شده است.

٤,٢. نتایج کانی شناسی گردوغبار در غرب ایران

ترکیب کانی شناسی گردوغبار متأثر از ویژگی زمین شناسی منشأ آنهاست(سینگر و همکاران، ٢٠٠٣، ٤٤). نتایج حاصل از بررسی XRD (جدول ٢) نشان می دهد که کانی‌های تشکیل دهنده گردوغبار در دوره‌های مورد مطالعه عمدتاً شامل کربنات‌ها (کلسیت) و سیلیکات‌ها (کوارتز) است. کانی‌های شناسایی شده عبارتند از کلسیت، کوارتز، آلبیت، اورتوکلاز، موسکویت، کلینوکلور، دولومیت، اکتینولیت، پالی‌گورسکیت و ژیپس (جدول ٢) که نتایج با یافته‌های (زراسوندی،١٣٩٠: ٥١١؛ کالدرون[1]، ٢٠٠٩: ٣٩٦٦؛ حجتی، ٢٠١١: ٣٢؛ آواد، ٢٠١٢: ٤) مطابقت دارد. در کلیه نمونه‌ها، کانی‌های کوارتز، کلسیت، آلبیت، موسکویت و دولومیت بصورت مشترک وجود دارد و کانی اکتینولیت تیز تنها در نمونه (١) دیده می‌شود. دلیل اینکه کانی اکتینولیت در نمونه DS1 وجود دارد، می‌توان منشأ متفاوت ذرات رسیده به غرب ایران دانست. در این دوره ردیابی پسگرد ذرات نشان می دهد که یکی از منشأهای گردوغبار در این دوره جنوب عراق است که این منشأ در سایر نمونه‌ها دیده نشده است. فراوانی کلسیت و کوارتز در بیشتر نمونه‌ها به

1 Kalderon

عنوان محصول اصلی محیط‌های رسوبی تخریبی نشان دهنده خاستگاه رسوبی برای ذرات گردوغبـار در غـرب ایـران است. از مقایسه ترکیب کانی شناسی گردوغبار مناطق غربی ایران با زمین شناسی قسمت‌های غربـی خوزسـتان، مرکـز و شرق عراق، این‌گونه تلقی می‌شود که احتمالاً ماسه زارهای این مناطق منشأ اصلی وجود کلیـست در گردوغبارهـای این منطقه است (رئیسپور، ۱۳۸۸: ۱٦٦). بر اساس یافته‌هـای پـی[1] (۱۹۸۷) گردوغبارهـایی کـه غنـی از کـانی کـوارتز، فلدسپات یا کربنات‌ها باشد، عمدتاً دارای منشأ داخلی بوده یا از مسافت نزدیک یا متوسط توسط جریان بـاد بـه منطقـه حمل شده‌اند. بنابراین غالب بودن کانی کوارتز و کلسیت در تمام نمونه‌ها نشان می‌دهد که منشأ اصـلی گردوغبارهـای غربی ایران عمدتاً منطقه‌ای و مناطق خشک خاورمیانه است. وجود کانی ژیـپس نـشان دهنـده وجـود یـک خاسـتگاه تبخیری برای گردوغبارهای غرب ایران است که عمدتاً شامل زمین‌های بیابانی کرانه‌های رودخانه‌های دجلـه و فـرات، پلایای موجود و نواحی شمالشرقی عربستان است. از کانی پالی گورسکیت نیز مـی تـوان بـرای ردیـابی منـاطق منـشأ گردوغبار استفاده کرد (حجتی و همکاران، ۲۰۱۱: ۳۳). پالی گورسکیت یک کانی رسی اسـت کـه در خـاک‌هـای بـی ثبات مناطق خشک و نیمه خشک با بارش کمتر ۳۰۰ میلیمتـر در سـال دیـده مـی‌شـود (سـینگر، ۱۹۸۹: ۸۳٦). وجـود مقادیر بالای پالی گورسکیت در خاک‌ها و رسـوبات کـشورهای عـراق (الجبـوری، ۲۰۰۹: ۲۷۵)، عربـستان سـعودی (شدفن و مشهدی، ۱۹۸۵: ۲٤۷) و اردن (شدفن و دیکسون،۱۹۸٤: ۱۹۳) به ثبت رسـیده و در بیـشتر نمونـه‌هـا، منـشأ بیابانی تا نیمه بیابانی گردوغبارهای غربی ایران را تأیید می کند. وجه مشترک کلیه نمونه‌هـای بـا منـشأ نـواحی داخلـی کشور عراق در نمونه‌های DS1، DS3، DS4 و DS5 وجود کانی پالی گورسکیت است.

بیشترین تنوع کانی شناسی، مربوط به نمونه DS1 است که منشأ این دوره یک گستره وسـیع شـامل نـواحی داخلـی، شرقی و جنوبی عراق است. همچنین تنوع زیاد کانی‌ها در نمونه DS5 ناشی از تنوع در منشأهای گردوغبـار در ایـن دوره است، بطوری‌که ردیابی پسگرد ذرات در این دوره نشان می‌دهد که منشأهای گردوغبار در این دوره شمال شرقی شـوریه، نواحی داخلی عراق و غرب عراق است. کمترین تنوع کانی شناسی نیز در نمونه DS2 دیده می‌شود که منشأ گردوغبار در این دوره شامل نواحی بیابانی بین مرز عراق و سوریه (غرب عراق و شرق سوریه) و شمال شرقی عربستان اسـت. وجـود رسوبات تبخیری (ژیپس) در نمونه DS2 را می توان ناشی از منشأ متفاوت ذرات رسیده به ایستگاه ماهشهر (شمال شـرق عربستان) نسبت به سایر دوره‌ها دانست. همچنین وجود ژیپس در نمونه‌های DS4 و DS5 ناشی از نشأت گـرفتن ذرات گردوغبار از رسوبات تبخیری کرانه های رودخانه دجله و فرات در نواحی مرکزی عراق دانست.

1 Pye

جدول۲ نتایج حاصل از آنالیز **XRD** نمونه‌های گردوغبار غرب ایران در بهار ۲۰۱۱ و ۲۰۱۲

نمونه	کانی‌های اصلی	سایر کانی‌ها
DS1	کلسیت، کوارتز	آلبیت، اورتوکلاز، موسکویت، کلینوکلور، دولومیت، اکتینولیت، پالی گورسکیت
DS2	کلسیت، کوارتز	موسکویت، ژیپس، دولومیت، کلینوکلور، آلبیت
DS3	کلسیت، کوارتز	اورتوکلاز، آلبیت، موسکویت، کلینوکلور، دولومیت، پالی گورسکیت
DS4	کلسیت، کوارتز	آلبیت، موسکویت، دولومیت، پالی گورسکیت، ژیپس
DS5	کلسیت، کوارتز	آلبیت، اورتوکلاز، موسکویت، کلینوکلور، دولومیت، پالی گورسکیت، ژیپس

٤،٣. نتایج ژئوشیمی و عناصر سنگین

امروزه با استفاده از واکاوی‌های ژئوشیمیایی می‌توان به تغییرپذیری ترکیبات شیمیایی گردوغبارهای منطقه‌ای و همچنین به منشأهای این ذرات پی برد. همچنین آگاهی از ترکیبات شیمیایی ذرات گردوغبار به شناسایی ویژگی‌های زمین شناختی مناطق منشأ گردوغبار کمک می‌کند (هلادیل و همکاران، ۲۰۱۰: ۳۷۹). در واقع ژئوشیمی ذارت، ویژگی‌های زمین شناسی مناطق منشأ گردوغبار را منعکس می سازد.

جدول ۳ نتایج تحلیل XRF

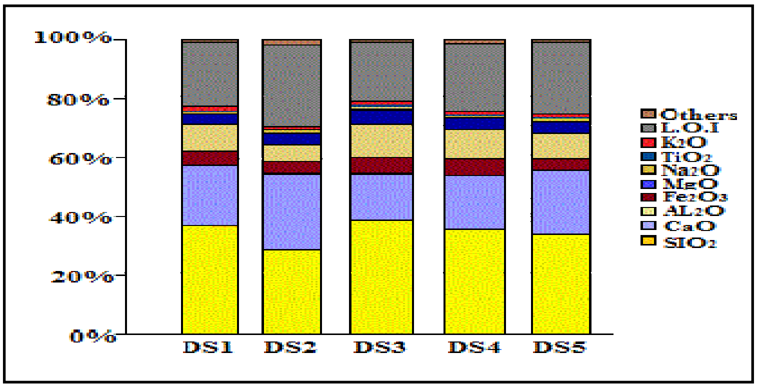
نمونه ها	Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	P_2O_5	SO_3	Cl	K_2O	CaO	TiO_2	Fe_2O_3	Sr	Zr	L.O.I
DS1	۰/٦١	٤	٨/٢٢	٣٧/٥٢	۰/١٧	۰/٤٤	۰/٢	١/١٩	٢۰/٢٩	۰/٦٢	٤/١٨	۰/۰٤	۰	٢٢/٣٩
DS2	١/٤٣	٣/٤٨	٦/١٧	٢٨/٣٣	۰/١٧	۰/٦١	۰/٧٣	۰/٨٢	٢٥/٩٩	۰	٣/٧٧	۰/۰٦	۰	٢٨/٣٨
DS3	۰/٦	٥/۰٨	١۰/٥٥	٣٨/٦٩	۰/٢٢	۰/٢٩	۰/١٢	١/٥٧	١٥/٩٧	۰/٦٨	٥/۰٥	۰/۰٣	۰/۰٢	٢١/۰٧
DS4	۰/٦٨	٤/٣٦	٩/٢٤	٣٦/٤٦	۰/١٨	١/۰١	۰	١/٤٧	١٨/۰٨	۰/٦٩	٤/٧٤	۰/۰٣	۰	٢٣
DS5	۰/٩٨	٤/٢	٨/۰٢	٣٣/١٣	۰/١٧	۰/٨١	۰/٤٨	١/۰٧	٢٢/۰٨	۰/٣٧	٤/١	۰/۰٣	۰	٢٤/٥٦
Mean	۰/٨٧	٤/٢٢	٨/٤٤	٣٤/٨٢	۰/١٨	۰/٦٣	۰/٣٨	١/٢٢	٢۰/٤٨	۰/٥٩	٤/٣٦	۰/۰٣	۰/۰٢	٢٣/٨٨

در ترکیبات شیمیایی اصلی گردوغبار در مناطق تحت تأثیر این پدیده در نیمکره شمالی بطور متوسط SiO_2 (59.99%)، $Al2O_3$ (14.13%)، Fe_2O_3 (6.85%)، CaO (3.94%)، MgO(2.60%)، K_2O(2.35%) ، آب و مواد آلی است (گودی و مدیلتون، ۲۰۰٦). ترکیب شیمیایی گردوغبارها تحت تأثیر کانی شناسی و زمین شناسی چشمه‌های گردوغبار قراردارد.

عناصر اصلی توفان‌های گردوغبار در غرب ایران نیز مشابه آنچه که در سایر نقاط دنیا دیده شده است، می باشد(جدول ۳). این ترکیبات شامل سیلیکات‌ها و اکسیدهای کلسیم هستند. این عناصرشامل اکسیدسیلیس (SiO_2)، اکسید کلسیم (CaO)، اکسید آلومینیوم (Al_2O_3)، اکسید آهن (Fe_2O_3)، اکسید منیزیوم (MgO) و اکسید پتاسیوم (K_2O) است. فراوانی SiO_2 (٣٤/٨٤٪) به علت وجود کانی کوارتز، فراوانی CaO (٢۰/٧٦٪) به علت وجود کلسیت و Mgo (٤/١٨٪) نشان‌دهنده فراوانی دولومیت است. LOI[1] (افت اشتعال) نیز بطورمتوسط ٢٣/٨٨ درصد از

1 Lossonignition (LOI)

ترکیب شیمیایی گردوغبار را به خود اختصاص داده است. زمانی که دمای نمونه ها به ۱۰۵۰ درجه سانتی گـراد برسـد، تغییرات میزان LOI قابل اندازه‌گیری است و میزان آن بر اساس تجزیه کربنات‌هـا و کـانی‌هـای رسـی بـا CO_2، آب و دیگر مواد فَرّار تعیین می شود. میزان LOI بین ۳ تا ٤۰ درصد نشان‌دهنده تجزیه کانی‌های هیدراته، کربنات‌هـا و نمـک است (انگلبریج، ۲۰۰۹: ۳۳٤). بیشترین میزان LOI، مربوط به نمونه DS2 است که منشأ آن شمال شـرق عربـستان و مناطق خشک غرب عراق و شرق سوریه است. درصد بالای افت اشتعال در نمونه DS2 نـشان‌دهنـده وجـود فـراوان کانی‌های هیدراته یا نمک در منشأ گردغبار این دوره است که با توجه به اینکـه یکـی از منـشأهای گردوغبـار در ایـن دوره شمال شرق عربستان و مناطق ساحلی آن می‌باشد کا نی‌های هیدراته و نمک نیز فراوان اسـت. مقایـسه ترکیبـات شیمیایی هریک از نمونه با ردیابی پسگرد ذرات نشان می‌دهد دوره‌هایی که منشأ ذرات مناطق داخلی عراق و یا شـرق سوریه بوده، نتایج ژئوشیمی نمونه‌ها مشابه بوده است. در مقابل نمونه DS2 درصد عناصـر نـسبت بـه سـایر دوره‌هـا متفاوت بوده که نشان دهنده وجود منشأ متفاوت در گردوغبار این دوره است. بطـوری کـه درصـد عناصـر AL_2O_3 و SiO_2 بطور قابل توجهی کمتر از سایر نمونه‌هاست و در مقابل اکسید کلـسیم در ایـن نمونـه بـیش از سـایر نمونـه‌هـا است(شکل ٤). همچنین در نمونه DS5 یکی از منشأهای گردوغبار رسیده به غرب ایران، مناطق بیابانی شـمال شـرقی سوریه است که این منشأ در سایر نمونه ها دیده نشده است. این تفاوت در مسیر انتقال ذرات، در ترکیبـات شـیمیایی ذرات نیز قابل ردیابی است بطوری‌که درصد عناصر مختلف در این نمونه متفاوت با نمونـه‌هـای DS1، DS3 و DS4 است که دارای مناطق منشأ تاحدودی یکسان می باشند. همچنین ترکیبات گردوغبار در ایـن دوره بـا نمونـه DS2 نیـز متمایز می باشد که نشان از وجود منشأ متفاوت در گردوغبار این دوره است. همچنین در نمونـه DS1 نیـز گردوغبـار رسیده به ایستگاه کرمانشاه نشأت گرفته از جنوب عراق می باشد، با این حال تفـاوت چـشمگیری در درصـد عناصـر این دوره با دوره‌هایی که منشأ ذرات مناطق داخلی یا شرقی عراق یا شرق سوریه است، دیده نمـی شـود کـه نـشان از تشابه ترکیبات زمین ساختی یا نهشته‌های مناطق ذکر شده می باشد.



شکل ٤ نمودار تجمعی عناصر در ۵ نمونه برداشت

وجود هریک از این عناصر در گردوغبار، باعث بروز مشکلات زیست محیطی برای ساکنان مناطق درگیر با آن، خواهد شد. بطوری‌که تنفس غلظت بالای کلسیت (کربنات کلسیم) موجود در ذرات گردوغبار باعث عطسه، سرفه و آلکوزیس می‌گردد (شاهسونی و همکاران، ۱۳۸۹: ٤۹). یکی دیگر از اجزای ذرات گردوغبار کوارتز (اکسید سیلیس) است که تنفس این عنصر در ذرات گردوغبار به مدت طولانی باعث بیماری سیلیکوزیس، آسیب به کلیه کبد می شود (الهربان، ۲۰۰۹: ۱۷٦). آهن موجود در ذرات گردوغبار ممکن است منجر به ورم ماتحمه و آماس شبکیه چشم و تنفس طولانی مدت آن باعث سیدروزیس گردد (شاهسونی و همکاران، ۱۳۸۹: ٤۹). تنفس طولانی مدت ذرات گردوغبار حاوی منیزیوم منجر به افسردگی، گیجی و ضعف جسمانی می شود. تنفس کوتاه مدت ذرات حاوی آلومینیوم منجر به سرفه، تحریک شش‌ها و در صورت تنفس طولانی مدت آن باعث صدمه به شش‌ها می شود(الهربان، ۲۰۰۹: ۱۷۷).

از سوی دیگر، یکی دیگر از مشکلات انتشار گردوغبار در منطقه، افزایش میزان عناصر سنگین موجود در جو منطقه است. اساساً منبع فلزات سنگین در توفان‌های گردوغبار، طبیعت است، که شامل منابع زمین شناسی شبیه سازندهای زمین ساختی، خاک‌ها و رسوبات انتقال یافته بوسیله بادها و توفان‌های گردوغبار می باشد، که عمدتاً در حد طبیعی و مجاز هستند. اما این ذرات معلق به دلیل ماندگاری طولانی مدت در جو و تداخل آن با آلودگی‌های صنعتی و شهری، به عنوان یک عامل مخاطره آمیز برای موجودات زنده محسوب می شوند. در این مطالعه ۸ عنصر بررسی شده است که بطور میانگین میزان سرب موجود در گردوغبار در هر متر مکعب هوا PPM ۱۰۷/۲ است که بیشینه آن با PPM ۱٤٦در نمونه DS5 مشاهده شد. کمترین میزان سرب موجود در گردوغبار غرب ایران نیز در نمونه DS1 مشاهده می شود که PPM ۷۸ است. میانگین عنصر روی (Zn) با PPM ٤۷۲/۲ است و بیشینه آن در نمونه DS5 مشاهده می‌شود که غلظت آن PPM ٥٥٦ است. کمینه آن نیز در نمونه DS3 اندازه گیری شده است. بیشترین میزان غلظت کادمیوم در نمونهDS3 و کمترین آن با غلظت ٥ PPM در نمونه DS2 و میانگین غلظت این عنصر نیز PPM ۱۰/٤ است. بالاترین حدمجاز کادیوم در هوا mg/l ۰/۰٥ است (WHO, 1996). بیشترین میزان مس (Cu) در نمونه DS1 با PPM ٦۳ و کمترین آن در نمونه DS3 با PPM ۳۳ مشاهده می‌شود. با افزایش مس در گیاهان، مقدار آن در بدن انسان نیز افزایش یافته و سبب بیماری‌های گروه ویلسون می‌گردد، که نتیجه آن تغییر در بافت مغز، کبد و قرنیه خواهد بود (العباس و همکاران، ۲۰۱۰: ۱۳۸). نیکل به خوبی جذب ذرات با قطر ۰/٦ تا ۱۰ میکرومتر می‌شود (رازوس[1] و کریسدیس،۲۰۱۰: ۷۸۷). بنابراین میزان آن هنگام گردوغبار افزایش خواهد یافت. وجود نیکل برای طولانی مدت در جو و در معرض قرار گرفتن آن، سبب آسیب به پوست و اختلال در سامانه تنفسی می‌شود (همان). بیشترین میزان نیکل در نمونه DS2 و کمترین آن در نمونه DS4 است. باید اضافه کرد که افزایش کادمیوم و نیکل اساساً ناشی از مناطق صنعتی که از سوخت فسیلی (نفتی یا ذغال سنگ) استفاده می شود یا صنایع

1 Razos

ذوب فلزات و حمل و نقل جاده‌ای است (ماجیکا[1] و همکاران، ۲۰۰۲: ۹۶)، که با توجه به وجود پالایشگاه‌ها و صنایع نفت در منطقه، افزایش میزان این دو عنصر در زمان گردوغبارقابل پیش بینی است. میزان کبالت نیز بطورمتوسط ۲۱ PPM اندازه گیری شده است و اهمیت آن به دلیل تأثیرش در ساختار شیمیایی هموگلوبین خون است و افزایش میزان آن در بدن سبب اختلال و از بین رفتن برخی اندامها می‌شود. بیشترین میزان آهن نیز در نمونه DS1 وجود دارد که نشان از وجود فراوان این عنصر در خاک‌های مناطق منشأ آن است.

جدول: ٤ میزان غلظت عناصر سنگین موجود در گردوغبارهای مشاهده شده در غرب ایران

Sample	Trace elements							
	Zn Ppm	Pb ppm	Cd ppm	Cu ppm	Ni ppm	Cr ppm	Co ppm	Fe ppm
DS1	٥٢٠	٧٨	١٠	٤٤	١٣٢	١٢٦	٢٢	٣٧٠٠
DS2	٤٣٢	١٢٠	٥	٦٣	١٤٢	١٤٥	١٣	٢١٠٠
DS3	٤٠٥	١٠٩	١٦	٣٣	٨٤	١١٥	٣١	٢٨٠٠
DS4	٤٤٨	٩٣	٩	٥٢	٩٦	١١٥	١٠	١٦٠٠
DS5	٥٥٦	١٤٦	١٢	٥٨	١٠٢	١٣٨	٢٩	٣٢٠٠
mean	٤٧٢/٢	١٠٩/٢	١٠/٤	٥٢	١١١/٢	١٢٨,٤	٢١	٢٦٨٠

بیشترین غلظت عناصر سرب و روی مربوط نمونه DS5 بوده است، همچنین در این دوره غلظت سایر عناصر مانند کبالت، کادمیوم، کروم، مس و آهن بالاتر از حد متوسط ذرات بوده است که با توجه به ردیابی پسگرد ذرات، دلیل آن را می توان منشأ این ذرات دانست. زیرا در این دوره ذرات گردوغبار در مسیری طولانی با عبور از شهرهای متفاوت سوریه، عراق و ایران (که احتمالاً آلودگی شهری زیادی داشته‌اند) به غرب ایران رسیده و با توجه به قابلیت این ذرات در جذب آلاینده‌ها، عناصر سمی آلاینده‌های شهری در مسیر گردوغبار را با خود به غرب ایران انتقال داده اند. همچنین در نمونه DS2 غلظت عناصر سمی سرب، مس، نیکل و کروم بالاتر از متوسط دوره‌های نمونه برداری شده بوده که دلیل آن را نیز می‌توان طی طریق نمودن طولانی ذرات از غرب عراق و شرق سوریه تا غرب ایران و همچنین منشأ ذرات رسیده به ایستگاه ماهشهر دانست، زیرا با توجه به مسیر ذرات رسیده به ماهشهر که از شمال شرق عربستان به جنوب غرب ایران رسیده و در طول مسیر انتقال ذرات بیشترین تعداد صنایع نفتی خاورمیانه و آلاینده‌های حاصل از آن در طول این مسیر قرار گرفته است؛ بنابراین شاهد بیشترین میزان عناصر مذکور در این مناطق هستیم. کمترین میزان عناصر مس و سرب نیز در نمونه DS1 وجود دارد که دلیل آن نیز احتمالاً مسیر کوتاه ذرات رسیده از شرق عراق به مناطق غربی است. در نهایت غلظت بالا یا کم برخی از عناصر در برخی از نمونه‌ها نیز که مسیر کوتاه یا طولانی را طی طریق نموده اند، ناشی از غلظت بالای ذرات در رسوبات مناطق منشأ آن است.

1 Mugica

٤,٤. نتایج حاصل از بررسی میکروارگانیزم‌های موجود در گردوغبارهای غرب ایران

ذرات گردوغبار به دلیل خاصیت جذب زیاد، دارای پتانسیل بالایی برای حمل انواع عوامل بیماری زا هستند. هر گرم خاک حاوی $۱۰^{۷}$ باکتری است که مشتمل بر $۱۰^{٤}$ نوع باکتری مختلف می باشد (گریفین، ۲۰۰۷: ٥٦۲). از طرف دیگر بیشترین تعداد اسپور قارچی در توفان‌های گردوغباری در نواحی گرمسیری $۱۰^{٦}$ اسپور در هر مترمکعب گزارش شده است که متشکل از ٤٤ جنس و ۱۰۲ گونه می باشد (آکاتا و همکاران، ۲۰۰۲: ۷). نتایج میکروارگانیزم های شناخته شده در گردوغبارهای غرب ایران در جدول ٥ لیست شده است.

جدول ٥ میکروارگانیسم‌های موجود در گردوغبار غرب کشور و ویژگی بیماریزایی آن‌ها (جاوتز و همکاران، ۲۰۰٦)

میکروارگانیسم‌های جداشده	درصد	ویژگی بیماری زایی
باکتری‌ها		
کوکسی‌های گرم مثبت		
استافیلوکوک اورئوس	۱/۳٤	عفونت‌های موضعی(مانند تشکیل آبسه، عفونت‌های چرکی)،
استافیلوکوک پنومنی	٤/۹۳	منتژیت، عفونت ریوی، در برخی موارد سبب عفونت‌های
استافیلوکوک‌های غیر بیماری زا	۱/۳٤	گوارشی می گردد.
باسیل‌های گرم مثبت		
باسیلوس‌ها	٤۱/۲٥	سیاه زخم (انواع جلدی، گوارشی، ریوی)، مسمومیت‌های غذایی، عفونت‌های چشمی، منتژیت و پنومنی.
باکتری‌های گرم منفی		
اشریشیاکولی	۲/۷	انواع گونه‌های آن باعث مشکلات گوارشی می شوند اما در پاره ای از موارد باعث بروز منتژیت در نوزادان می شود.
سودوموناس آئروژینوزا	۱/۳٤	این گونه فقط زمانی بیماری زا است که در نواحی آسیب دیده بدن (مانند پوست) وارد شده باشد و می تواند عامل عفونت‌های زخم و سوختگی‌ها و عفونت چشم باشد.
کلبسیلا پنومنی	٤	انواع کلبسیلا می تواند باعث عفونت سیستم ادراری، عفونت سیستم تنفسی، بیماری رینواسکلروما که یک بیماری مخرب در بینی و حلق است، شود.
اینتروباکتر آئروژنز	۱/۸	عفونت‌های سیستم ادراری و سپتی سمی
میکروکوکوس	۱۰/۳	این گونه جزء باکتری‌های فرصت طلب بیماری زا برای انسان بوده و در افراد دارای نقص ایمنی باعث بروز مشکل می شود.
قارچ ها		
آسپرژیلوس فلاووس آسپرژیلوس نیجر	۱۳ ۸/۰۷	در افراد دارای نقص ایمنی، مانند مبتلایان به لوسمی، گیرندگان پیوند مغز استخوان و ...، ممکن است باعث پنومنی حاد، آسیب به ریه یا سایر بافت‌ها شود. بیماری زائی این‌گونه عمدتاً شامل مشکلات ریوی است. اما گاهی حساسیت‌های پوستی نیز دیده شده است.
رایزوپوس موکور	۲/۲٤ ۰/۸۹	در افراد دارای نقص ایمنی سبب ایجاد مشکلاتی در عروق خونی و اعصاب و بافت عروقی ریه می شود.
کاندیدا آلبیکانس	٦/۷٤	در افراد دارای آسیب پوستی وارد جریان خون شده و سبب عفونت کلیه‌ها، دریچه‌های مصنوعی قلب می شود.

۵. نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان می دهد که ترکیب کانی شناسی پدیده گردوغبار در غرب ایران در طی پنج نمونه برداری در سال‌های ۲۰۱۱ و ۲۰۱۲ را دو گروه کانیایی کربنات‌ها (عمدتاً کانی های کالسیت) و سیلیکات‌ها (کوارتز) تشکیل می‌دهد. فاز فرعی کانی‌ها نیز شامل کانی ژیپس است که مربوط به حوضه‌های تبخیری و پلایا می باشد. این نتایج با یافته‌های اعواد (۲۰۱۲) و زراسوندی (۲۰۱۱) مطابقت دارد. با توجه به مسیرهای انتقال ذرات گردوغبار به غرب و جنوب غرب ایران، هرگاه منشأ ذرات از شمال شرق عربستان یا نواحی داخلی عراق در حوزه رسوبات تبخیری رودخانه‌های دجله و فرات باشد، نمونه‌های حاوی کانی ژیپس خواهد بود. همچنین هرگاه منشأ ذرات از نواحی داخلی و جنوبی عراق باشد، نمونه‌های حاوی پالی گورسکیت خواهند بود. از لحاظ ژئوشیمی کانی‌ها، عناصر SiO_2 و CaO که مرتبط با کانی‌های کوارتز و کلسیت هستند، ترکیب شیمیایی غالب گردوغبار را شامل می‌شوند. همچنین انطباق یافته‌های ردیابی پسگرد ذرات و ژئوشیمی گردوغبار مشخص گردید که هر یک از مناطق منشأ گردوغبار با توجه به ویژگی‌های زمین ساختی، دارای ترکیبات شیمیایی ویژه‌ای می باشند؛ بگونه‌ای که ترکیبات شیمیایی ذراتی که دارای منشأ شمال شرقی عربستان و همچنین شمال شرقی سوریه می باشند، متفاوت با ذراتی است که از مناطق مختلف عراق یا شرق و جنوب شرق سوریه منشأ گرفته اند. همچنین ترکیبات شیمیایی ذرات تشکیل دهنده گردوغبار با منشأ کشور عراق مشابه یکدیگر بوده که این نشان از تشابه زمین ساختی و ترکیبات نهشته‌های کشور عراق است. بنابراین یافته‌های ردیابی پسگرد مسیر ذرات، کانی شناسی و ژئوشیمی نشان می‌دهد که منشأ گردوغبارهای غرب ایران علاوه بر مناطق خشک کشور عراق، شامل نواحی شرقی، غربی، جنوبی و مرکزی (که عمدتاً مناطق بین رودخانه های دجله و فرات بوده و دارای نهشته‌های سست وحوضه‌های تبخیری بسیار زیادی هستند)، سواحل جنوبی خلیج فارس و شمال شرقی عربستان، شرق و شمال شرق سوریه نیز می باشد. این نتایج با یافته‌های حجتی (۲۰۱۱) و زراسوندی (۲۰۱۱) دارای انطباق است. از نظر عناصر سنگین موجود در ذرات گردوغبارهای غرب ایران، عناصر روی (Zn)، سرب (Pb)، کادمیوم (Cd)، مس (Cu)، نیکل (Ni) و کبالت (Co) کروم (Cr) و آهن (Fe) اندازه‌گیری شدند. بطور کلی میزان این عناصر در طی رخداد گردوغبار در غرب ایران بیش از میزان استاندارد آن در هر متر مکعب هوا بوده است. میزان متوسط این عناصر در طی ۵ دوره نمونه برداری به ترتیب ٤٧٢/٢، ١٠٩/٢، ١٠/٤، ٥٢، ١١١/٢ و ٢١، ١٢٨/٤ و ٢٦٨٠ PPM بوده است. باید اضافه کرد که هرگاه مسیر انتقال ذرات طولانی بوده و منشأ آن نواحی شرقی سوریه، غربی عراق و شمال شرقی عربستان بوده که در طول مسیر انتقال ذرات، از شهرها و یا صنایع آلوده بیشتری عبور کرده باشند، میزان غلظت گردوغبار به عناصر سمی بیشتر خواهد بود. هرچند غلظت این عناصر علاوه بر عامل انسانی متأثر از ویژگی‌های طبیعی منطقه نیز خواهد بود. همچنین میکروارگانیزم‌های جدا شده از گردوغبار شامل انواع باسیلوس‌ها، استافیلوکوک ارئوس، استافیلوکوک پنو

منی، استافیلوکوک‌های غیر بیماری زا، اشریشیاکولی، سودوموناس آئروزینوزا، کلبسیلا پنومنی، میکروکوک‌ها و اینتروباکتر آئروژنز برای باکتری‌ها و آسپرژیلوس نایژر، آسپرژیلوس فلاویوس، موکور، رایزوپوس و کاندیدا آلبیکانس است که برخی از این گونه‌های شناسایی شده میکروارگانیزم‌ها فرصت طلب بیماری زا برای انسان و حیوان محسوب می شوند.

همچنین باید اضافه کرد که پدیده گردوغبار در غرب ایران از جمله عوامل مخاطره آمیز برای سلامتی ساکنان این منطقه محسوب می شود؛ بطوری‌که ترکیبات کانی شناختی، عناصر سنگین و میکروارگانیسم‌های موجود در گردوغبار در ایجاد انواع بیماری‌ها از قبیل ایجاد مشکلات ریوی، گوارشی، حساسیت‌های چشمی و پوستی و ایجاد مشکلات عروقی مؤثر هستند. نتایج این پژوهش با یافته‌های (العباس و همکاران، ۲۰۱۰) که برای عراق انجام شده است، دارای مطابقت نسبی است.

فهرست منابع و مآخذ

شاهسونی، عباس و همکاران؛ ۱۳۸۹. اثر توفان‌های گردوغباری بر سلامت و محیط زیست. مجله دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی. ش ٤، ٤٥–٥٦.

شمسی پور و همکاران؛ ۱۳۹۱. تحلیل آماری ماهواره ای– همدیدی پدیده گردوغبار (گرد و غبار تیر ماه ۱۳۸۸). پژوهش های جغرافیای طبیعی. شمارۀ۷۹، صص ۱۱۱–۱۲٦

رئیسپور، کوهیار؛ ۱۳۸۸. تحلیل آماری و سینوپتیکی پدیده گردوغبار در خوزستان. پایان نامه کارشناسی ارشد. به راهنمایی دکتر محمود خسروی. دانشگاه زاهدان. ص ۱٦٦

خوش اخلاق، فرامرز و همکاران؛ ۱۳۹۱. واکاوی همدید رخداد گردوغبار بهاره در غرب ایران. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی. شماره ۸۰، صص ۹۹–۱۲٤.

جاوتز، ملینگ، آدلبرگ و همکاران؛ ۱۳۸۷. میکروب شناسی پزشکی جاوتز. ترجمه محمد کریم رحیمی، عمیداطهری و همکاران. نشر آییژ. چاپ هفتم.

عزیزی، قاسم و همکاران؛ ۱۳۹۱. تحلیل آماری – همدیدی پدیده گردوغبار در نیمه غربی ایران. محیط شناسی. سال سی و هشتم. شمارۀ۳، صص ۱۲۳–۱۳٤

مفیدی، عباس و جعفری، سجاد؛ ۱۳۹۰. بررسی نقش گردش منطقه ای جو بر روی خاورمیانه در وقوع توفان‌های گردوغباری تابستانه در جنوب غرب ایران. مطالعات جغرافیایی مناطق خشک. شماره ۵: ۱۷–٤٥.

نجفی، محمد سعید و همکاران؛ ۱۳۹۲. بررسی تأثیر ریزگردها بر سلامت ساکنان غرب ایران (مطالعه موردی: شهر کرمانشاه). اولین کنفرانس بین المللی ریزگردها. مدیریت عوامل و پیامدها. لرستان. ایران. ص ۲۵

Al-Dabbas, M. A., Ayad Abbas, M., Al-Khafaji, R. M., 2010. Dust Storms Loads Analyses-Iraq. International Journal of Water Resources and Arid Environments 1(2):129-141.

Al-Hurban, A.E., Al-Ostad, A.N., 2009. Textural Characteristics of Dust Fallout andPotential Effect on Public Health in Kuwait City and Suburbs. Earth andEnvironmental Science 60:169-181.

Al-Juboury, A.I., 2009. Palygorskite in Miocene rocks of northern Iraq: environmental and geochemical indicators. ActaGeologicaPolonica 59, 269–282.

Akata N., & et al., 2007. Deposition of Cs^{137} in Rokkasho, Japan and its relation to Asian dust. Journal of Environmental Radioactivity 95(1), 1-9.

Awadh, S. M., 2011. Geochemistry and mineralogical composition of the airborne particles of sand dunes and dust storms settled in Iraq and their environmental impacts. Environmental Earth Sciences, DOI 10.1007/s12665-011-1445-6.

Colles, J., 2003. Air Pollution. Taylor, Francis, Inc, Lamdon and New York. 22pp.

Engelbrecht, J. P., McDonald, E. V., Gillies, J. A., 2009. Characterizing Mineral Dusts and Other Aerosols from the Middle East—Part 2, Grab Samples and Re-Suspensions. Inhalation Toxicology 21, 327-336.

Goudie, A.S., Middleton, N.J., 2006. Desert Dust in the Global System. Springer, Heidelberg, 136pp.

Griffin, D.W., 2007. Atmospheric Movement of Microorganisms in Clouds of Desert Dust and Implications for Human Health. Clinical Microbiology Reviews 20(3), 459-577.

Hladil, J., Cejchan, P., Babek, O., Koptikova, L., Navratil, T., Kubinova, P., 2010. Dust—a geology orientated attempt to reappraise the natural components, amounts, inputs to sediments, and importance for correlation purposes. GeologicaBelgica 13, 376–384.

Hojati, S., Khademi, H., Faz Cano, A., Landi, A., 2011. Characteristics of dust deposited along a transect between central Iran and the Zagros Mountains. Catena J. 88:27–36.

Kalderon-Asael, B., Erel, Y., Sandler, A., Dayan U., 2009. Mineralogical and Chemical Characterization of Suspended Atmospheric Particles over the East Mediterranean Based on Synoptic-scale Circulation Patterns, Atmospheric Environment 43, 3963–3970.

Kellogg, C.A., Griffin, D.W., 2006. Aerobiology and the global transport of desert dust. Trends Ecological Evolution 21, 638–644.

Laura, P., Aurelio T, Xavier Q & et al, 2008. Coarse Particles from Saharan Dust and Daily Mortality. Epidemiology 19(6): 800-807.

Leon, J.-F., & Legrand, M., 2003. Mineral dust sources in the surroundings of the North Indian Ocean. Geophysical Research Letters 30(42), 1309–1312.

Mugica, V., Maubert, M., Torres, M., Muñoz, J. and Rico, E., 2002. Temporal and spatial variations of metal content in TSP and PM10 in Mexico City during 1996-1998. Journal of Aerosol Science 3, 91-102.

Najafi, M.S., Khoshakhlagh, F., Samadi, M., 2012. Analysis of Synoptic Conditions of Dust Occurrence in summer at the Western Iran, The First International Congress on Dust Haze and Combating its Adverse Effects, Khuzestan Ramin Agriculture & Natural Resource University of Ahwaz, Iran, 503-512.

Nilsson, A., Lagesson, V., Bornehag, C., Sundell, J., Tagesson, C., 2005. Quantitative Determination of Volatile Organic Compounds in Indoordust Using Gas Chromatography-UV Spectrometry, Environment International 31, 1141-1148.

Prospero JM, Lamb PJ., 2003. African droughts and dust transport to the Caribbean. climate change implications Science 302(5647), 1024-1027.

Pye, K., 1987. Aeolian Dust and Dust Deposition. Academic Press, London. 334 pp.

Razos, P., Christides, A., 2010. An Investigation on Heavy Metals in an Industrial Area in Greece. International journal of environmental research 4(4):785-794.

Shahsavani A, Naddafi K, Haghighifard NJ, Mesdaghinia A, Yunesian M & et al., 2012. Characterization of ionic composition of TSP and PM10 during the Middle Eastern Dust (MED) storms in Ahvaz, Iran. Environmental Monitoring and Assessment 184(11), 6683-6692.

Shao L., Li W., Xiao Z., Sun Zh., 2008. The Mineralogy and Possible Sources of Spring DustParticles over Beijing, Advances in Atmospheric Science 25(3), 395–403.

Shao L, Li W, Yang Sh., Shi, Z., Lu S., 2007. Mineralogical characteristics of airborne particles collected in Beijing during a severe Asian dust storm period in spring 2002, Science in China Series D: Earth Sciences 50(6), 953-959.

Shen, Z., Cao, J., Arimoto, R., Han, Z., Zhang, R., Han, Y., & et al., 2009. Ionic composition of TSP and PM2.5 during duststorms and air pollution episodes at Xi'an, China.Atmospheric Environment, 43(18), 2911–2918.

Singer, A., Ganor, E., Dultz, S., Fischer, W., 2003. Dust deposition over the Dead Sea. Journal of Arid Environment 53:41–59.

Singer, A., 1989. Palygorskite and sepiolite group minerals. In: Dixon, J., Weed, S. (Eds.), Minerals in Soil Environments. Soil Science Society of America, Madison, USA, pp. 829–872.

Shadfan, H., Mashhady, A.S., 1985. Distribution of palygorskite in sediments and soils of eastern Saudi Arabia. Soil Science Society of America Journal 49:243–250.

Shadfan, H., Dixon, J.B., 1984. Occurrence of palygorskite in the soils and rocks of the Jordan Valley. In: Singer, A., Galán, E. (Eds.), Palygorskite–Sepiolite: Occurrences, Genesis and Uses. Amsterdam, Elsevier, 187–198.

Wang Y., Stein A. F., Draxler R. R., de la Rosa J. D., Zhang X., 2011. Global sand and dust storms in 2008. Observation and HYSPLIT model verification. Atmospheric Environment 45, 6368-6381.

WHO, World Health Organization., 2004. Manual for the virological investigation of polio (4th ed.).

Zarasvandi A., Carranza E.J.M., Moore F., Rastmanesh F., 2011. Spatio-temporal occurrences and mineralogical–geochemical characteristics of airborne dusts in Khuzestan Province (southwestern Iran). Journal of Geochemical Exploration 111,138–151.